

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRÁFICO ENTRE LA RED WIFI Y LA RED
IOT-WIFI EN EL CAMPUS SUR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA (UPS)**

**AUTOR:
EDUARDO ANDRÉS HIDALGO PROAÑO**

**TUTOR:
LUIS GERMÁN OÑATE CADENA**

Quito, enero del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Eduardo Andrés Hidalgo Proaño, con documento de identificación N°1718392028, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRÁFICO ENTRE LA RED WIFI Y LA RED IOT-WIFI EN EL CAMPUS SUR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA (UPS)”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en la condición de autor me reservo el derecho moral de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, enero del 2019.



.....
Eduardo Andrés Hidalgo Proaño
C.I.: 1718392028

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: : “ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRÁFICO ENTRE LA RED WIFI Y LA RED IOT-WIFI EN EL CAMPUS SUR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA (UPS)”, realizado por Eduardo Andrés Hidalgo Proaño, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, enero del 2019.



.....
Luis Germán Oñate Cadena

C.I.: 1712157401

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a Dios, que ha sido mi sustento; a Elsa Proaño, mi madre porque por su esfuerzo y su sacrificio hicieron posible esto; a mi padre Marco Hidalgo; a mi hermano Stalin y a mis hermanas Carla, Nichole y Camila quienes siempre confiaron en mí y me han impulsado para alcanzar nuevos triunfos; a la Universidad Politécnica Salesiana que brinda las facilidades necesarias para que resulte alcanzable esta meta; a todos mis compañeros, quienes siempre estuvieron prestos a ayudarme cuando lo necesitaba.

Aquí empieza una nueva etapa en mi vida que no sería posible sin todos ustedes...
Gracias.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque ha sido mi sustento durante toda mi carrera universitaria, a mi madre Elsa por todo su sacrificio y su apoyo incondicional, a mi padre Marco por su apoyo, a mi hermano Stalin por sus valiosos consejos y a todas mis hermanas: Carla, Nichole y Camila.

Agradezco, de manera especial, al Ingeniero Luis Oñate por su comprensión y disposición para prestarme su ayuda, dándome la guía necesaria durante todo este proceso.

A mis amigos y compañeros por su importante ayuda.

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	3
ANTECEDENTES	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general.	4
1.3.2 Objetivos específicos.	4
1.4 Metodología.....	4
CAPÍTULO 2.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Modelo arquitectónico de referencia de siete capas presentado por el IOTWF (Internet Of Things World Forum)	6
2.1.1 Capa 1: Dispositivos físicos y controladores	7
2.1.2 Capa 2: Conectividad	7
2.1.3 Capa 3: Computación de borde	7
2.1.4 Capa 4: Acumulación de datos.....	7
2.1.5 Capa 5: Abstracción de datos	8
2.1.6 Capa 6: Aplicación.....	8
2.1.7 Capa 7: Colaboración y procesos	8
2.2 IOT con WIFI.....	8

2.3	Computación en la nube y computación en la niebla	9
2.4	Dispositivos IOT	11
CAPÍTULO 3.....		12
SIMULACIÓN DE LA RED WIFI DEL CAMPUS SUR DE LA		
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA Y DISEÑO DE LA RED IOT-		
WIFI PARA LA DETECCIÓN DEL PERSONAL ADMINISTRATIVO,		
DOCENTES, ESTUDIANTES Y BIENES MATERIALES UTILIZANDO		
OPNET.....		12
3.1	Infraestructura inalámbrica de la UPS.....	12
3.1.1	Parámetros a analizar	16
3.1.2	Simulación del escenario 2.....	17
3.2	Diseño de la red IOT-Wifi.....	19
3.2.1	Número de usuarios de la red inalámbrica.....	20
3.2.2	Expansión futura	20
3.2.3	Número de dispositivos IOT de detección	21
3.3	Equipos a utilizar en el diseño.....	22
3.3.1	Equipos marca Cisco.....	22
3.3.2	Cantidad de equipos	22
3.3.3	Distribución de los equipos.....	24
3.4	Diseño de la red IOT-Wifi de detección utilizando el modelo arquitectónico de referencia presentado por el IOTWF.	25
3.4.1	Capa 1: Dispositivos físicos y controladores	25
3.4.2	Capa 2: Conectividad	26
3.4.3	Capa 3: Computación de borde.....	27
3.4.4	Capa 4: Acumulación de datos.....	27
3.4.5	Capa 5: Abstracción de datos.....	29
3.4.6	Capa 6: Aplicación.....	29
3.4.7	Capa 7: Colaboración y procesos.....	30
3.4.8	Topología física de la red IOT-Wifi.....	30
3.5	Factibilidad de costos	32
3.6	Indicadores de evaluación	34

3.6.1	Valor Actual Neto (VAN).....	36
3.6.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	37
3.6.3	Período de Recuperación del Capital	38
CAPITULO 4		39
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN		39
4.1	Resultados de la medición de los distintos parámetros de tráfico de la actual infraestructura inalámbrica del campus sur de la UPS y la red IOT-Wifi diseñada.....	39
4.1.1	Resultados de la medición del retardo.	39
4.1.2	Resultados de la medición del rendimiento.	40
4.1.3	Resultados de la medición de la carga total de la red.	40
4.1.4	Resultados de la medición del retardo de acceso al medio.	41
4.1.5	Resultados de la medición del retardo para Ethernet.	42
CAPITULO 5		43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		43
5.1	Conclusiones	43
5.2	Recomendaciones	44
LISTA DE REFERENCIAS		45
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Modelo arquitectónico.....	6
Figura 2. 2: IOT con computación en la nube.....	9
Figura 2. 3: Computación en la niebla.	10
Figura 2. 4: Vista general de un dispositivo inteligente.....	11
Figura 3.1: Topología física.	12
Figura 3.2: Simulación de la topología inalámbrica.	14
Figura 3. 3: Introducción de Dispositivos IOT.	18
Figura 3. 4: Red Inalámbrica de la UPS con dispositivos IOT de detección.....	19
Figura 3. 5: CISCO IR829GW-LTE-LA-*K9.	23
Figura 3. 6: CISCO IE-5000-12S12P.	24
Figura 3. 7: CISCO IWR3702-2E-A-K9.	24
Figura 3. 8: Módulo Adafruit HUZZAH ESP8266.....	26
Figura 3. 9: Topología física de la red IOT-Wifi.....	31
Figura 3. 10: Simulación de la red IOT-Wifi.....	31
Figura 4. 1: Delay/Retardo.....	39
Figura 4. 2: Rendimiento/Throughput.	40
Figura 4. 3: Carga/Load.	41
Figura 4. 4 Retardo de acceso al medio/Media Access Delay.	42
Figura 4. 5: Retardo / Delay (Ethernet).....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Dispositivos reales y modelos disponibles.	13
Tabla 3.2: Condiciones iniciales de la simulación.	15
Tabla 3.3: Configuración de los parámetros de tráfico.	15
Tabla 3.4: Parámetros de tráfico a medir.	16
Tabla 3.5: Configuración de dispositivos IOT.	17
Tabla 3.6: Dispositivos y número de usuarios.	20
Tabla 3.7: Número de usuarios a futuro.	21
Tabla 3.8: Número total de usuarios de la red IOT-WiFi.	21
Tabla 3.9: Equipos a utilizar en el diseño.	23
Tabla 3.10: Distribución de los equipos.	25
Tabla 3.11: Proveedor de servicios en la nube.	28
Tabla 3.12: Costos referenciales de equipamiento.	32
Tabla 3.13: Costos referenciales de la plataforma IOT de Temboo.	33
Tabla 3.14: Costo total del proyecto.	33
Tabla 3.15: Análisis Económico.	34
Tabla A.1: Equipos de distribución y acceso.	49
Tabla A.2: Puntos de acceso.	50

RESUMEN

Los sistemas electrónicos de seguridad implementados en el Campus Sur de la UPS no están orientados a proteger la vida de los estudiantes, docentes, personal administrativo y visitantes ante un evento catastrófico, ni brindan protección a bienes materiales que son parte de la Universidad para que estos no sean robados. En situaciones tales como: terremotos, incendios o amenazas de bombas explosivas es necesario detectar a cada persona que se encuentra dentro del Campus Sur mediante un registro detallado de cada persona lo que simplificaría tareas de evacuación, búsqueda y rescate.

El fin de este trabajo es diseñar una red IOT-WiFi orientada a la detección de estudiantes, docentes, personal administrativo, visitantes y bienes materiales que está basada en el modelo arquitectónico de referencia presentado por IOTWF (Internet Of Things World Forum) aumentando la seguridad y el control en todo el Campus Sur de la UPS, por ello se utilizó como dispositivo IOT de detección el módulo ESP8266, switches y enrutadores Cisco y una plataforma IOT llamada Temboo.

La red IOT-WiFi diseñada tiene un retardo menor y un mayor rendimiento que la red WiFi actual, además aumenta la seguridad de estudiantes, administrativos, docentes, personal de apoyo y bienes materiales del Campus Sur de la UPS. Con un VAN (Valor Actual Neto) y una TIR (Tasa Interna de Retorno) positivos se comprobó que es un proyecto rentable por el cual se recuperará la inversión en un período de tiempo menor a un año.

ABSTRACT

Electronic security systems implemented on the South Campus of the UPS are not oriented to protect the lives of the students, teachers, administrative staff and visitors to a catastrophic event, or provide protection of material goods which are part of the University so that they are not stolen. In situations such as earthquakes, fires or explosive bomb threats is necessary to detect each person who is located within the campus, a detailed record of each person would simplify tasks of evacuation, search and rescue.

The purpose of this work is to design an IOT-WiFi network aimed at the detection of students, teachers, administrative staff, visitors and material goods that is based on the architectural reference model presented by IOTWF (Internet Of Things World Forum) increasing security and control throughout the South Campus of UPS, was used as a detection IOT device the module ESP8266, switches and CISCO routers and an IOT platform called Temboo.

The designed IOT-WiFi network has a slower delay and considerably improves the performance of the current WiFi network, as well as increasing the security of all the personnel and material goods of the south campus of the UPS. With a positive NPV (Net Actual Value) and IRR (Internal Rate of Return) it was found that it is a profitable project for which the investment will be recovered in a period of less than one year.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas electrónicos de seguridad restringen el acceso a áreas no autorizadas, brindan protección a objetos de valor y resguardan información importante almacenada en los centros de datos, sin embargo, a través de estos sistemas no es posible brindar seguridad a las personas en caso de eventos catastróficos, ni de supervisar bienes materiales que posee una organización para evitar que estos sean robados por personas que pertenecen a la organización o por personas extrañas. Con el surgimiento del IOT (Internet Of Things) o Internet de las Cosas nacen nuevos sistemas inteligentes de seguridad basados en el despliegue de miles de sensores, estos interactúan entre sí, con el resto de los dispositivos de la red y con el hombre en una plataforma inteligente. Los sistemas de seguridad basados en el IOT son dinámicos, objetivos y de gran robustez, aumentan la seguridad de las personas, la seguridad en áreas restringidas y protegen nuestros bienes materiales. Un sistema IOT de seguridad simplifica las tareas de monitoreo y supervisión, incrementa un nivel de seguridad al de los sistemas actuales.

El Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) no posee un sistema de seguridad contra eventos catastróficos a través del cual se pueda salvaguardar la vida de las personas, no posee, además, un sistema de seguridad que brinde las garantías necesarias de que los bienes materiales que le pertenecen a la Universidad, a los estudiantes, docentes, personal administrativo y visitantes no puedan ser robados. Considerando este problema de seguridad es necesario diseñar una red IOT de detección que utilice la infraestructura de red WiFi para detectar a todo el personal y detectar los bienes materiales que forman parte del Campus Sur de la UPS.

Para brindar seguridad a los estudiantes, docentes, personal administrativo, visitantes y a los bienes materiales que posee el Campus Sur de la UPS se diseñó una red IOT-WiFi de detección basada en el modelo arquitectónico de referencia publicado por el IOTWF (Internet Of Things World Forum). Se utilizó como dispositivo IOT de detección el módulo ESP8266 con el cual se etiquetará a cada usuario de la red IOT-WiFi, switches y enrutadores de la marca Cisco y una plataforma inteligente para aplicaciones IOT de gran escala llamada Temboo.

En el presente trabajo se realizará el diseño, análisis de tráfico y el análisis de factibilidad para una red IOT-WiFi de detección de estudiantes, docentes, personal administrativo, visitantes y bienes materiales pertenecientes al Campus Sur de la UPS. Además se realizará el análisis de tráfico de la actual red WiFi para compararlos con los resultados obtenidos de los parámetros de tráfico de la red IOT-WiFi y comprobar su factibilidad técnica y de costos.

En el capítulo uno se describe el problema a resolver, los objetivos generales y específicos, la justificación y la metodología para el diseño de la red IOT-WiFi.

En el capítulo dos se describe el modelo arquitectónico presentado por el IOTWF, las funciones de cada una de las capas que comprende el modelo y una breve descripción de las mismas.

En el capítulo tres se describe la infraestructura actual de la red WiFi del Campus Sur de la UPS, su simulación en el software OPNET, los parámetros de tráfico a analizar, además se presenta el diseño de la red IOT-WiFi de detección y su respectivo análisis de factibilidad de costos.

En el capítulo 4 se muestran los resultados obtenidos de la simulación de la red wifi actual y la nueva red IOT-Wifi diseñada, sus gráficas resultantes y su respectivo análisis comparativo.

En los anexos, en el primero se encuentra una imagen donde se puede observar, de manera general, el modelo arquitectónico presentado por el IOTWF. En el segundo, se muestran los equipos de distribución y acceso que conforman la actual infraestructura de red.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En el presente capítulo se describe el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos a cumplir y la metodología utilizada.

1.1 Planteamiento del Problema

En caso de desastres naturales tales como: terremotos, incendios y avisos de bombas explosivas es necesario evacuar a los sitios determinados en el plan de seguridad al personal administrativo, docentes, estudiantes, y visitantes que se encuentran en el campus sur de la UPS, una de las posibles soluciones es implementar una red IOT de detección del personal y vehículos que aproveche la infraestructura de red Wi-Fi actual para enviar estos datos a un servidor externo donde serán almacenados y posteriormente analizados, de esta forma se puede obtener un dato confiable de que las personas se encuentran o no dentro del Campus, además realizar el seguimiento y control de todo el personal. Como prioridad se debe determinar si es factible la implementación de esta red, a través de un diseño basado en el análisis del tráfico de la red y el análisis de costos.

De manera que es necesario determinar cómo afecta el nuevo tráfico generado por dispositivos IOT y analizar si la infraestructura actual de la red soportaría la introducción de los mismos.

1.2 Justificación

Los beneficiarios de este proyecto son: personal docente, estudiantes, administrativos y trabajadores del Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana. A través de este trabajo se conseguirá el material necesario para determinar si es factible implementar una red IOT orientada a la detección de personas y sus pertenencias cuando estas se encuentren dentro del Campus, brindando de esta manera mayor seguridad y control de todo el personal.

Se plantearán varios escenarios de tráfico para determinar el impacto de la introducción de dispositivos IOT sobre la actual red WIFI del Campus. De esta manera, conociendo el tráfico de red actual y el tráfico generado por la red IOT

diseñada se podrá concluir si la actual red WIFI soportará la introducción de esta nueva tecnología y de no ser así se podrá determinar una nueva infraestructura. Además se realizará el análisis de costos para la implementación de una red de este tipo cuyo fin es dar seguridad ante eventos fortuitos como terremotos e incendios ya que se podrá conocer si las personas se encuentran dentro del Campus o están fuera de este.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar los diversos parámetros de tráfico de la actual red WIFI comparándolos con una red IOT-WIFI en el Campus Sur de la UPS para determinar en qué medida se incrementaría el tráfico de la red.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el estado actual de la red WIFI del Campus Sur para conocer la infraestructura y determinar los parámetros de tráfico actuales.
- Determinar las diversas tecnologías de red IOT utilizando WIFI para conocer los posibles escenarios de diseño.
- Diseñar una red IOT para el Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Quito que permita detectar la presencia de personas y automóviles que se encuentran dentro del Campus para determinar la factibilidad técnica del proyecto.
- Determinar mediante simulación los parámetros de tráfico de la red como tasa de bit errado, pérdidas de paquetes y retardos para compararlos con la red WIFI actual del Campus.
- Analizar los costos de factibilidad para la implementación de la red.

1.4 Metodología

Se sigue el proceso de diseño de ingeniería que en este caso es el siguiente:

Analizar las tecnologías de redes IOT que se pueden implementar para detección de personas y vehículos utilizando WIFI, tal es el caso de sensores, equipos de

enrutamiento y conmutación. Se diseñará la red IOT para detección de personas y vehículos tomando en cuenta el modelo de siete capas presentado por el IOTWF.

- Se utilizará el método bibliográfico para conocer los posibles diseños de una red IOT-WIFI y conocer la que mejor se adapte al Campus universitario.
- Se utilizará la investigación descriptiva para observar y analizar la infraestructura de red WIFI actual del Campus.
- Se utilizará el método explicativo para encontrar las condiciones necesarias para la operabilidad de la red IOT-WIFI.
- Se utilizará el método hipotético-deductivo para conocer la factibilidad de introducir una red IOT sobre la actual red WIFI del Campus.
- Se creará un documento donde se encuentran el diseño, las simulaciones, los análisis de tráfico y los costos de implementación de la red IOT.

CAPÍTULO 2

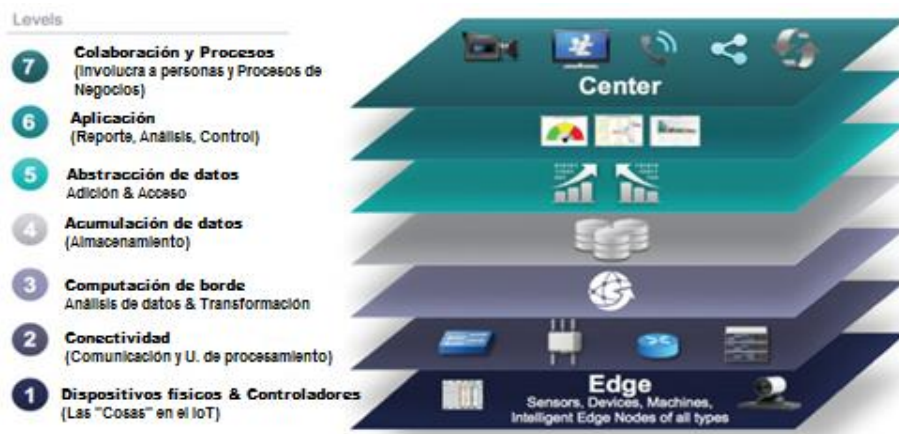
MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se describe el modelo arquitectónico que se utilizará para el diseño de la red IOT, se presentará una breve descripción de cada una de las capas del modelo, además las características de una red IOT-WIFI.

2.1 Modelo arquitectónico de referencia de siete capas presentado por el IOTWF (Internet Of Things World Forum)

Es posible definir una red IOT como: Una infraestructura de red dinámica global con capacidades de autoconfiguración basadas en protocolos de comunicación estándar e interoperables donde las cosas físicas y virtuales tienen identidades, atributos físicos y personalidades virtuales que usan interfaces inteligentes, y se integran a la perfección en redes de comunicación (Vernesan & Friess, 2015, pág. 25). En el año 2014, el comité de arquitectura IOTWF (conformado por Cisco, IBM, Rockwell Automation, y otros) publicó un modelo arquitectónico IoT de referencia de siete capas (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 78). El modelo está organizado en 7 capas funcionales, cada una de estas capas cumple funciones de gran importancia para el desempeño óptimo de la red. Con la formalización del modelo, el diseño de una red IOT se vuelve relativamente fácil y la tarea se centra en conocer la funcionalidad de cada capa y la forma en la cual se comunica con las capas superiores. En la Figura 2.1 se muestra las 7 capas del modelo arquitectónico y como estas son conocidas.

Figura 2. 1 Modelo arquitectónico



Modelo arquitectónico de 7 capas presentado por el IOTWF. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 78).

En el Anexo 1 se puede observar de manera más general la interacción de las capas que comprenden el modelo y sus funcionalidades específicas.

2.1.1 Capa 1: Dispositivos físicos y controladores

En esta capa encontramos todos los dispositivos a los cuales nos referimos como “Things” o “Cosas” en el IOT, su función principal es generar datos y poder ser consultados y / o controlados a través de una red. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 78).

2.1.2 Capa 2: Conectividad

La función más importante de esta capa de IOT es la transmisión confiable y oportuna de datos, esto incluye transmisiones entre dispositivos de Capa 1 y la red y entre la red y el procesamiento de información que ocurre en la Capa 3 (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 79). Además, se encarga de la conmutación y enrutamiento, la traducción entre protocolos y de la seguridad a nivel de red.

2.1.3 Capa 3: Computación de borde

La función de esta capa se centra en la reducción y conversión del flujo de datos en información para ser almacenada o procesada por capas de niveles superiores; adicionalmente, filtra los datos para reducir el tráfico procesado, evalúa los datos para notificar, alertar o tomar las medidas necesarias cuando se ha excedido los umbrales predefinidos. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 80).

2.1.4 Capa 4: Acumulación de datos

Esta capa captura los datos y los almacena para que puedan ser utilizados por las aplicaciones cuando sea necesario. Convierte datos basados en eventos al procesamiento basado en consultas. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 81) Los datos que son acumulados y almacenados son información relevante que se utilizará en capas superiores.

2.1.5 Capa 5: Abstracción de datos

Esta capa se encarga de la organización y semántica de los datos que provienen de varias fuentes, confirma que el conjunto de datos está completo y consolida los datos en su lugar o múltiples centros de datos utilizando la virtualización. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 81).

2.1.6 Capa 6: Aplicación

Interpreta los datos usando aplicaciones de software. Las aplicaciones pueden monitorear, controlar y proporcionar informes basados en el análisis de los datos. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 81). Esta capa hace posible la presentación amigable de los datos que recoge la red IOT. Los informes pueden ser revisados en nuestros dispositivos celulares o laptops.

2.1.7 Capa 7: Colaboración y procesos

En esta capa se utiliza y comparte la información que encontramos en las aplicaciones, esta capa de colaboración y procesos se basa en la interacción del hombre y la red IOT ofreciéndole todos los beneficios, pudiendo cambiar los procesos comerciales de pequeñas y grandes empresas. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 81).

2.2 IOT con WIFI

Cuando se habla de IOT con Wi-Fi, Wi-Fi es la tecnología de acceso inalámbrico a la red IOT. Con Wi-Fi (2.4 GHz, 5GHz) se puede lograr conexiones multipunto hasta 100m y Punto a Punto (P2P) en unos pocos kilómetros. Se puede conectar múltiples clientes (generalmente menos de 200) a un solo AP, el rango es limitado, adaptado a los casos donde la energía del cliente no es un problema (energía continua o facilidad para recargar la batería del cliente), gran ancho de banda disponible, pero es probable la interferencia de otros sistemas. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 102).

El estándar IEEE 802.11 Wi-Fi es una tecnología clave de acceso inalámbrico IOT, ya sea para conectar puntos finales como nodos de computación en la niebla, sensores de alta velocidad de datos y dispositivos analíticos de audio o video, o para

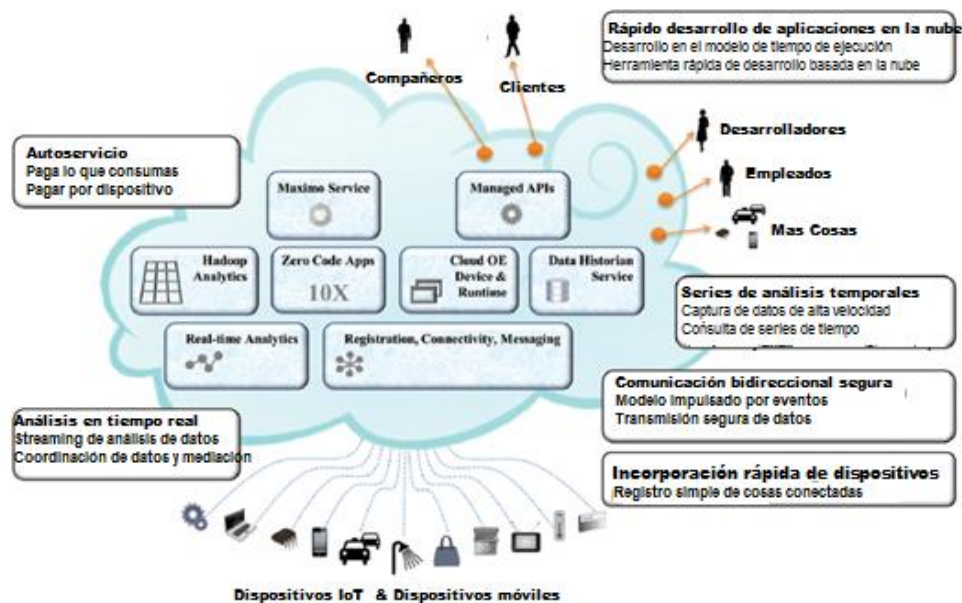
desplegar infraestructuras de backhaul de Wi-Fi, como Wi-Fi Mesh para ambientes exteriores. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 184).

2.3 Computación en la nube y computación en la niebla

La computación en la nube se ha establecido como uno de los principales componentes del Internet en el futuro. Se ha fomentado progresivamente la virtualización a diferentes niveles y han permitido los diversos paradigmas conocidos como "*Aplicación como servicio*", "*Plataforma como servicio*" e "*Infraestructura y red como servicio*". Dichas tendencias han ayudado enormemente a reducir el costo de propiedad y la administración de los recursos virtualizados asociados. (Vernesan & Friess, 2015, pág. 62). Además, la computación en la nube comprende la capacidad informática necesaria para ejecutar operaciones en segundo plano facilitando el complejo análisis de datos IOT. (Vernesan & Friess, 2015, pág. 66).

En la Figura 2.2 se presentan las funcionalidades de un modelo de red IOT basado en la computación en la nube.

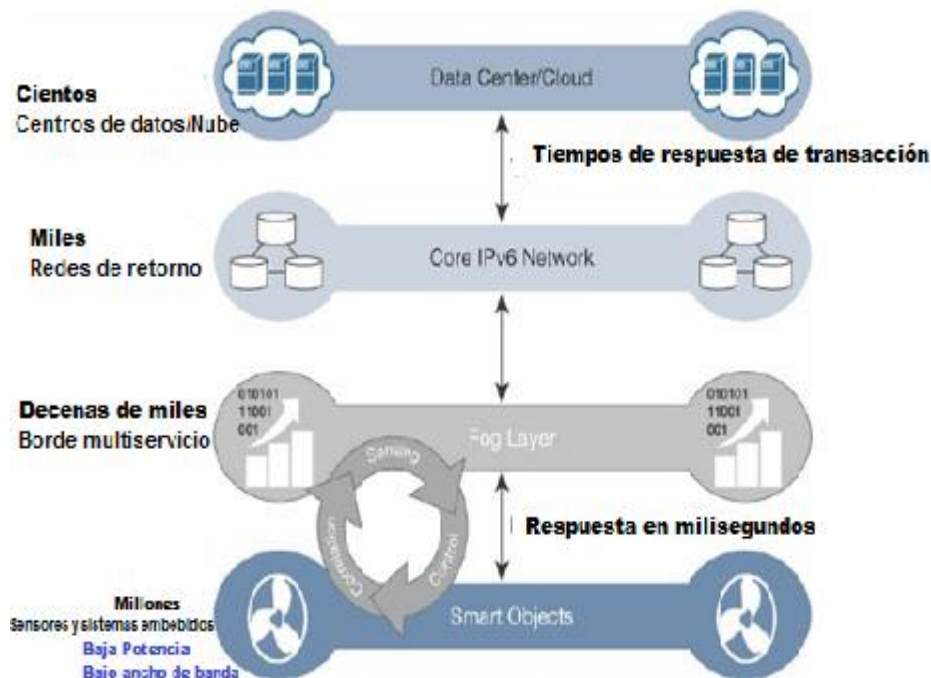
Figura 2. 2 IOT con computación en la nube



Prestaciones de una red IOT con computación en la nube. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 93)

El concepto de niebla fue desarrollado por primera vez por Flavio Bonomi y Rodolfo Milito de Cisco Systems. La intención de la computación de niebla es colocar los recursos lo más cerca posible de los dispositivos de IOT. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 113). El análisis de los datos de IOT cerca de donde se recopila minimiza la latencia, descarga gigabytes del tráfico de red de la red central y mantiene los datos confidenciales dentro de la red local. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 113). El volumen de datos enviados en sentido ascendente se reduce considerablemente y es mucho más útil para los servidores de aplicaciones y análisis que residen en la nube. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 114). A continuación en la Figura 2.3 podemos observar como la computación en la niebla se integra con las demás capas de una red IOT, su ubicación en la red la cual como hemos ya mencionado es lo más cercano posible a los dispositivos finales IOT. Además se observa un modelo de red IOT con capa de computación en la nube y otra capa de computación en la niebla.

Figura 2. 3 Computación en la niebla

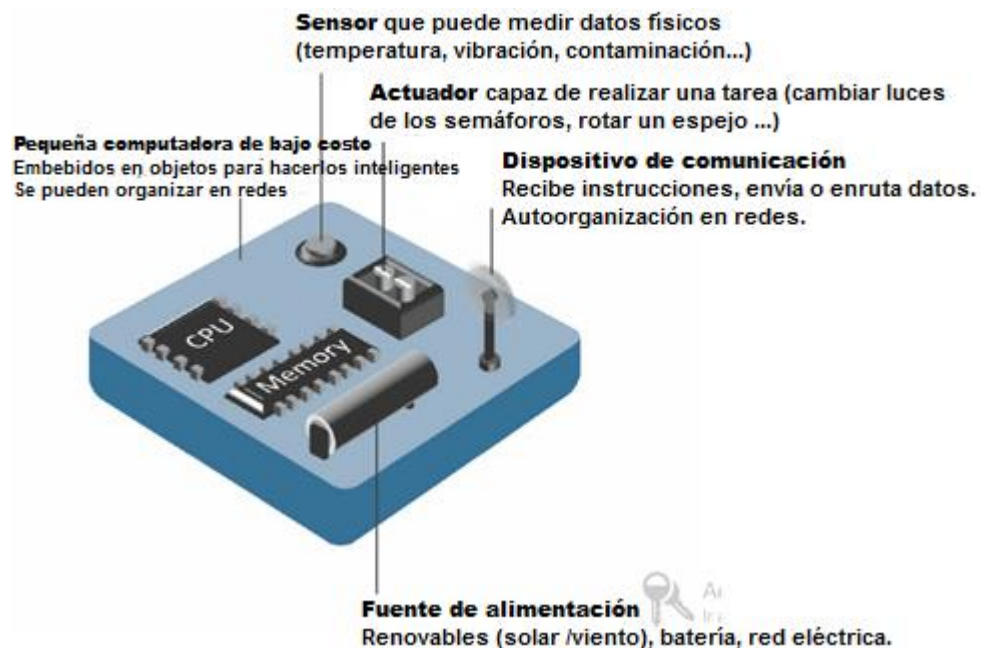


Modelo de red IOT con capa de computación en la nube y capa de computación en la niebla. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 114)

2.4 Dispositivos IOT

Son conocidos como “Smart Objects” o dispositivos inteligentes, se encuentran en la capa 1 del modelo arquitectónico, una definición de estos es: son cualquier objeto físico que contenga tecnología incorporada para detectar y / o interactuar con su entorno de una manera significativa al estar interconectados y permitir la comunicación entre ellos o un agente externo (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 121). Lo que hace que integren gran cantidad de sensores, dichos sensores son componentes fundamentales de las redes IOT. De hecho, son los elementos fundamentales que se encuentran en los objetos inteligentes: las "*cosas*" en el IOT. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 121). A continuación en la Figura 2.4 se muestra la estructura general de un dispositivo IOT con sus componentes principales.

Figura 2. 4 Vista general de un dispositivo inteligente



Vista general de un dispositivo inteligente para redes IOT. (David Hanes, IOT Fundamentals, 2017, pág. 135)

CAPÍTULO 3

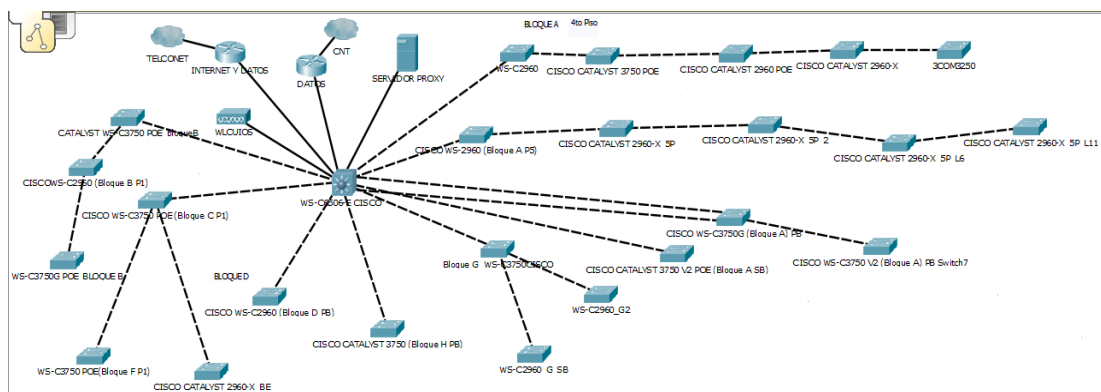
**SIMULACIÓN DE LA RED WIFI DEL CAMPUS SUR DE LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA Y DISEÑO DE LA RED
IOT-WIFI PARA LA DETECCIÓN DEL PERSONAL
ADMINISTRATIVO, DOCENTES, ESTUDIANTES Y BIENES
MATERIALES UTILIZANDO OPNET.**

En el presente capítulo se describe la infraestructura de red actual que posee la UPS, su simulación en OPNET, los parámetros de tráfico analizados y el diseño de la red IOT-WIFI.

3.1 Infraestructura inalámbrica de la UPS

La Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur posee actualmente un switch multicapa cisco WSC6506-E el cual es el núcleo de la red, ubicado en el quinto piso del Bloque A. Se encuentra respaldado por un switch cisco 28000 (backup) proporcionando redundancia a la red. En este switch están creadas las redes virtuales (VLAN) y se conectan los dispositivos de distribución y acceso a través de todo el campus sur con enlaces de fibra óptica a una velocidad de 1 Gbps, además se conectan los routers de frontera para el acceso a redes externas e internet. En la Figura 3.1 se puede observar la topología física de la red inalámbrica.

Figura 3.1 Topología física



Topología física de la red inalámbrica del Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana.
Elaborado por Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

A través de todo el Campus Sur se encuentran distribuidos estratégicamente 70 puntos de acceso (AP) los cuales brindan conectividad inalámbrica a todos los visitantes, ya sea en áreas externas o en el interior de los distintos bloques. Desde la capa de distribución se utilizan cables UTP CAT6 para conectar con los AP's.

En el Anexo 2 se puede apreciar a detalle los equipos de distribución y acceso que forman parte de la topología inalámbrica, además el número total y la distribución por bloques de los distintos AP.

Para la simulación de la topología inalámbrica de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur se utilizó el software Riverbed Modeler versión 18.0 (OPNET). Se realizará el estudio utilizando dos escenarios, de manera que en el escenario 1 se simulará la actual red inalámbrica del Campus y se estudiará la introducción de dispositivos IOT de detección sobre la red; en el escenario 2 se presentará el diseño de la red IOT-WIFI y se determinarán los parámetros de tráfico en ambas redes para su respectivo análisis. De esta manera se conseguirá un análisis detallado de los parámetros de tráfico en cada escenario cuyos resultados se analizarán en el siguiente capítulo. En la simulación se utilizó modelos disponibles en el software con características similares a los dispositivos reales que conforman la red, en la Tabla 3.1 se puede observar a detalle los modelos utilizados.

Tabla 3.1: Dispositivos reales y modelos disponibles

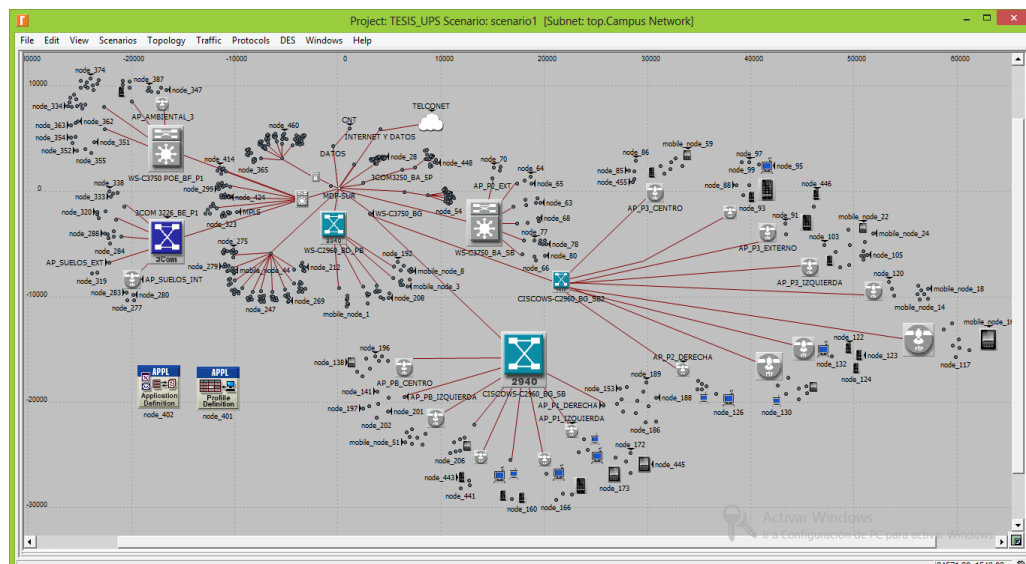
DISPOSITIVO	MODELO
CISCO WSC6506-E	CISCO CS_6509_6s_fe48_ge16_a2
CISCO CATALYST 3750 POE	CISCO CS_3200_6s_a2_e8_fe4
CISCO WS-C2960	CISCO CS_2948G_ae48_ge2
3COM3250	3C_CB3500_4s_ae18_ge

CISCO IE-5000-12S12P	CS_5000_3s_e24_fe2_fe12
CISCO IR829GW-LTE-LA-*K9	CS_12012_12s_a10_fe8_ge1_sl17
PUNTOS DE ACCESO	WLAN_ethernet_router_adv
ENLACES	1000BASEX_adv
DISPOSITIVOS FINALES	WLAN_iphone WLAN_ipad WLAN_station_adv

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

A continuación en la Figura 3.2 se muestra la topología física de la red inalámbrica simulada en OPNET siguiendo con las especificaciones realizadas anteriormente.

Figura 3.2 Simulación de la topología inalámbrica



Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

A continuación en la Tabla 3.2 se puede observar las características iniciales de la red simulada.

Tabla 3.2: Condiciones iniciales de la simulación

NÚMERO DE USUARIOS DE LA RED INALÁMBRICA	525
VLAN's	WLAN-UPS-ESTUDIANTES (VLAN 10) WLAN-UPS-DOCSUR (VLAN 20)
SERVICIOS Y APLICACIONES	FILE TRANSFER FTP (HEAVY) DATA BASE ACCESS (HEAVY) VOICE OVER IP (PCM QUALITY) EMAIL (HEAVY) WEB BROWSING (HEAVY HTTP 1.1)

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

Para el cálculo del número total de usuarios conectados a la red inalámbrica se consideró un crecimiento del 50% en los últimos 3 años, de manera que en el año 2015 en horas pico el número de usuarios conectados era 350 (Moreno & Tipán, 2015, pág. 46) en total se tiene en la actualidad 525 usuarios conectados a la red inalámbrica a través de sus teléfonos celulares, tablets y laptops.

En la Tabla 3.3 se puede observar la configuración de los parámetros de tráfico realizada en los nodos WLAN_station_adv.

Tabla 3.3: Configuración de los parámetros de tráfico

START TIME	Uniform (0.1, 1.0). El tiempo de inicio para la generación de tráfico se seleccionará aleatoriamente dentro del rango establecido. (Gordon)
ON STATE TIME	Constant (100000). El tiempo durante el cual se generará tráfico será de 100000 segundos. (Gordon)
OFF STATE TIME	Constant (0). Se dejará de generar tráfico a los 0 segundos, es decir, la aplicación no dejará de generar tráfico a ningún instante. (Gordon)
INTERARRIVAL TIME	Exponential (0.008). El tiempo entre llegadas de cada paquete se elegirá aleatoriamente de una distribución exponencial con un valor promedio de 0.008 segundos, es decir, en promedio se generará 125 paquetes por

	segundo. (Gordon)
PACKET SIZE	Exponential (1000). El tamaño promedio del paquete es de 1000 bytes. (Gordon)
SEGMENTATION SIZE	1500. Luego de generarse un paquete la aplicación realiza la segmentación del mismo, teniendo como tamaño máximo del paquete 1500 bytes.
STOP TIME	Never. Durante toda la ejecución de la simulación la aplicación generará tráfico. (Gordon)
TYPE OF SERVICE	Best Effort (0). Los nodos de la WLAN poseen distintos anchos de banda y tiempos de respuesta diferentes, dependiendo del volumen de tráfico de la red. (Gordon)

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

Como se puede observar en la Tabla 3.3, las configuraciones de tráfico generado nos permitirán categorizar los nodos finales de la red, de manera que los dispositivos IoT de detección poseerán una configuración de tráfico distinta.

3.1.1 Parámetros a analizar

En la Tabla 3.4 se puede observar los parámetros que serán analizados en la simulación de la red inalámbrica del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana al introducir los dispositivos IoT de detección, los mismos parámetros serán analizados seguidamente en la nueva red IoT-Wifi para compararlos con los parámetros obtenidos anteriormente y determinar el comportamiento de ambas redes.

Tabla 3.4: Parámetros de tráfico a medir

PARÁMETROS A MEDIR
RETARDO/DELAY (WLAN)
RENDIMIENTO/THROUGHPUT (WLAN)
CARGA/LOAD (WLAN)
PÉRDIDA DE PAQUETES/DATA DROPPED (RETRY THRESHOLD)

EXCEEDED)
RETARDO DE ACCESO AL MEDIO/ MEDIA ACCESS DELAY (WLAN)
INTENTOS DE RETRANSMISIÓN/RETRANSMISSION ATTEMPTS
RETARDO/DELAY (ETHERNET)

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

3.1.2 Simulación del escenario 2

Se usó como dispositivo IOT de detección el modelo wlan-station-adv Mobile disponible en OPNET, en el cual se realizó la configuración de los parámetros como se observa en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Configuración de dispositivos IoT

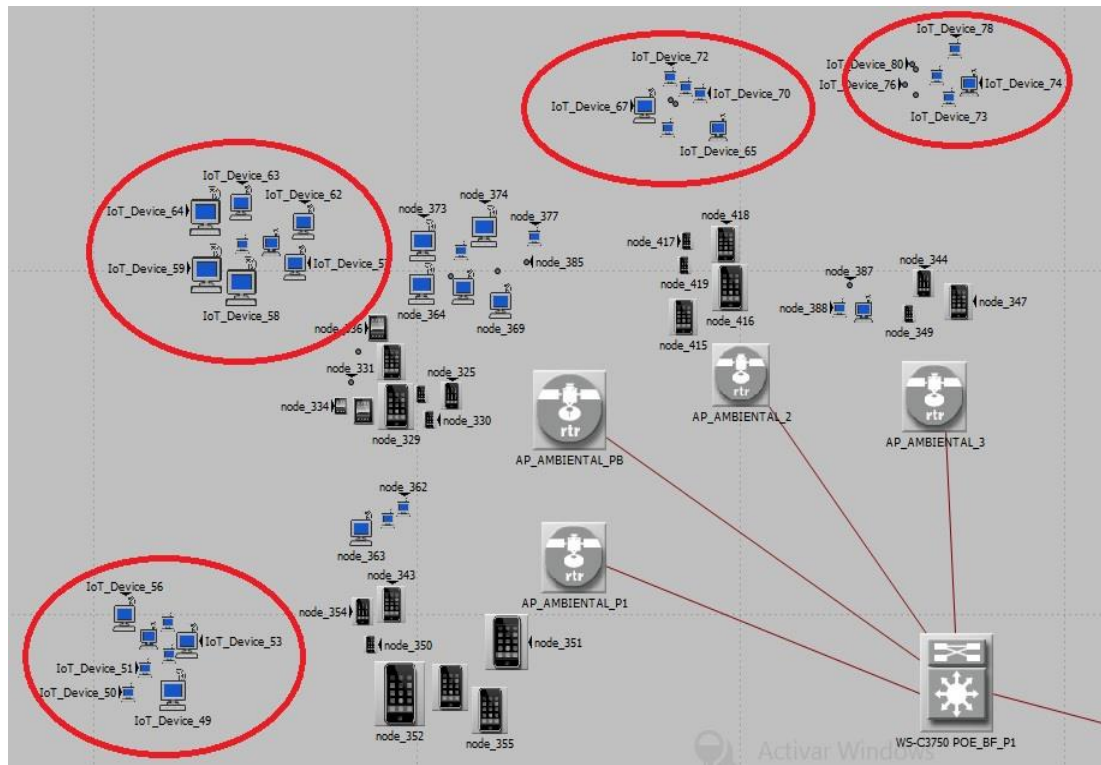
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	HT PHY 2.4GHz (802.11n)
VELOCIDAD DE DATOS	6 Mbps
POTENCIA DE TRANSMISIÓN	Pout=+14dBm.
ENERGÍA UMBRAL DE RECEPCIÓN DE PAQUETES	Prxu=-65dBm.

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

Estos parámetros fueron configurados de acuerdo a la hoja técnica del ESP8266, el cual será usado para modelar la red IOT-WIFI. En el siguiente enlace se puede observar a detalle las especificaciones técnicas del dispositivo: https://nurdspace.nl/images/e/e0/ESP8266_Specifications_English.pdf Se añadió una muestra de 500 dispositivos IOT sobre la infraestructura inalámbrica del campus, los cuales poseen un patrón de generación de tráfico diferente al resto de los demás nodos, para de esta manera estudiar el comportamiento de la red. A continuación en

la Figura 3.3 se puede observar un grupo de los dispositivos IOT añadidos a los AP's del bloque F.

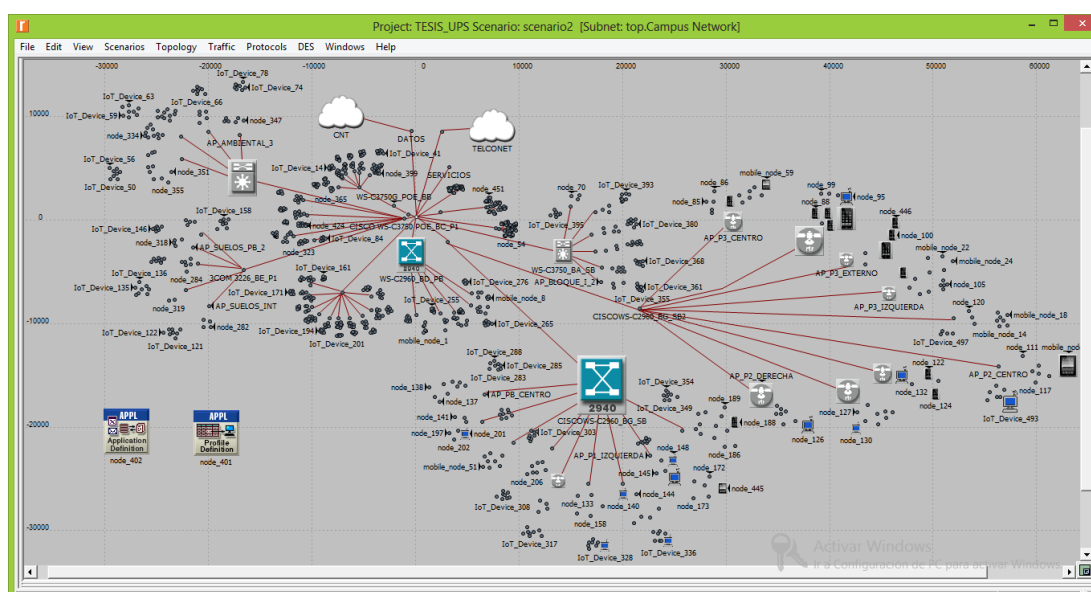
Figura 3. 3 Introducción de Dispositivos IOT



Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

En la Figura 3.4 se puede observar el escenario de manera completa al introducir los dispositivos IOT de detección.

Figura 3. 4 Red Inalámbrica de la UPS con dispositivos IOT de detección



Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

La muestra de los 500 dispositivos IOT de detección fue distribuida uniformemente a través de toda la infraestructura de red, es decir, se distribuyeron los dispositivos IOT estratégicamente por todos los puntos de acceso que conforman la red.

3.2 Diseño de la red IOT-Wifi

El diseño de la red IOT-Wifi tiene como objetivo detectar a todo el personal que labora en el Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana, visitantes y bienes tales como: automóviles, computadoras, dispositivos electrónicos en el área de CECASIS, robots, brazos robóticos, osciloscopios, fuentes de energía y demás dispositivos en todos los laboratorios del Campus. Esto con el fin de garantizar la seguridad de los estudiantes, docentes y personal administrativo a cada instante y de mayor forma ante un evento catastrófico como pueden ser un terremoto, incendio o aviso de bombas explosivas que se susciten en el Campus. Ante tal situación se puede acceder a los datos almacenados por la red y conocer el Bloque, punto de acceso, hora de conexión y desconexión de cada uno de los usuarios de la red, además conocer si el usuario no se encuentra dentro del Campus.

En cuanto a los bienes que posee la UPS en el Campus Sur, cada uno de ellos será detectado con el fin de evitar pérdidas y robos. La red IOT-Wifi brinda mayor organización y control del personal y de los bienes de todo el Campus a través de la

interacción entre la red IOT-WiFi de detección, el administrador y los usuarios en tiempo real, lo que permite la toma oportuna de decisiones y planes de acción.

Para el diseño de la red IOT-Wifi se tomará en cuenta los siguientes criterios de diseño:

- Número de usuarios de la red inalámbrica.
- Expansión futura.
- Número total de dispositivos IoT de detección.
- Equipos a utilizar en el diseño.
- Factibilidad de costos.

3.2.1 Número de usuarios de la red inalámbrica

Usuario de red inalámbrica se conoce a todo dispositivo que se conecta a la red sin la necesidad de un medio físico, como por ejemplo: teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, tabletas y dispositivos que incorporan chips con las características necesarias para conectarse a un AP como es el caso del ESP8266. A continuación en la Tabla 3.6 se puede observar la cantidad de dispositivos conectados a la red inalámbrica del campus en la actualidad.

Tabla 3.6: Dispositivos y número de usuarios

NÚMERO DE USUARIOS	525. Correspondiente a estudiantes, docentes y personal administrativo de la Universidad Politécnica Salesiana que se conectan a la red inalámbrica a través de sus teléfonos celulares, computadoras portátiles y tabletas.
TOTAL	525

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

3.2.2 Expansión futura

En el diseño de la red IOT-Wifi se estima un crecimiento del 50% de usuarios que se conectan a la red inalámbrica a través de sus celulares, computadoras portátiles y tabletas. El 50% se obtuvo del análisis del crecimiento exponencial de usuarios que se conectan a internet a través de la red inalámbrica del Campus Sur de la

Universidad Politécnica Salesiana en los últimos 3 años. A continuación en la Tabla 3.7 se puede observar el número final de usuarios que se conectarán a la red inalámbrica.

Tabla 3.7: Número de usuarios a futuro

NÚMERO DE USUARIOS ACTUALES	525
INCREMENTO DEL 50%	263
TOTAL	788

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

Es decir que con un crecimiento del 50% el número de usuarios de la red inalámbrica pasará de 525 a 788.

3.2.3 Número total de dispositivos IOT de detección

Tomando en cuenta que cada docente, estudiante, personal administrativo y un selectivo grupo de bienes del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana portará un dispositivo IOT de detección se realizará el diseño de la red IOT-Wifi para un total de 5000 dispositivos desplegados por todo el campus. A continuación en la Tabla 3.8 se puede observar la cantidad final de dispositivos que se tomará en cuenta para el diseño de la nueva red.

Tabla 3.8: Número total de usuarios de la red IOT-WiFi

NÚMERO DE USUARIOS	788
DISPOSITIVOS IOT	5000
TOTAL	5788

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

De manera que un número total de 5788 usuarios finales formarán parte de la red IOT-Wifi, entre estos encontramos 788 usuarios que se conectarán a la red a través

de sus celulares, tablets y laptops, 5000 dispositivos IOT de detección distribuidos entre estudiantes, docentes, personal administrativo y bienes pertenecientes al Campus Sur de la UPS.

3.3 Equipos a utilizar en el diseño

Para realizar el diseño de la red IOT-Wifi acorde a las necesidades de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur se han considerado el número total de estudiantes, docentes, personal administrativo y un selectivo grupo de bienes que serán detectados. Tomando en cuenta el considerable incremento en la cantidad total de usuarios de la red y la densidad del tráfico que será generado se utilizarán equipos de la marca Cisco.

3.3.1 Equipos marca Cisco

Para el diseño de la red IOT-Wifi se utilizarán equipos de la marca Cisco por las siguientes razones:

- Cisco es una empresa líder en equipamiento para infraestructuras IOT a nivel mundial.
- Posee equipos con grandes prestaciones para las nuevas tecnologías de comunicación tales como IOT, redes de sensores y redes inteligentes.
- Posee una gran plataforma de despliegue de aplicaciones IOT a nivel mundial.
- Facilita el desarrollo de nuevas aplicaciones IOT en el sector público y privado.

Es importante recalcar que la actual infraestructura de red del Campus Sur de la UPS cuenta en su mayoría con equipos de esta marca, por lo cual la nueva red será fácilmente adaptable.

3.3.2 Cantidad de equipos

A continuación en la Tabla 3.9 se puede observar los equipos que se utilizarán para el diseño de la IOT-Wifi.

Tabla 3.9: Equipos a utilizar en el diseño

DISPOSITIVO	CANTIDAD	MODELO
ENRUTADORES	2	CISCO IR829GW-LTE-LA-*K9
SWITCHES	5	CISCO IE-5000-12S12P
PUNTOS DE ACCESO	20	CISCO IW3702-2E-A-K9
TOTAL	27	

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

En la Figura 3.5 se puede observar el enrutador CISCO IR829GW-LTE-LA-*K9 y en el siguiente enlace se encuentran las características técnicas:

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/829-industrial-router/datasheet-c78-734981.html?dtid=osscdc000283>

Figura 3. 5: CISCO IR829GW-LTE-LA-*K9

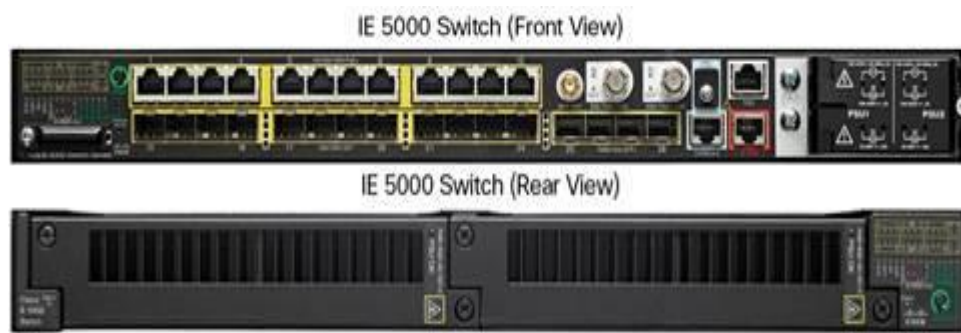


Cisco 829 Industrial Integrated Services Routers (CISCO, Cisco 829 Industrial Integrated Services Routers Data Sheet, 2018)

A continuación en la Figura 3.6 se puede observar el switch CISCO IE-5000-12S12P y en el siguiente enlace se encuentran las características técnicas:

http://www.industrialnetworking.com/pdf/Cisco_IE-5000_Switch.pdf

Figura 3. 6 CISCO IE-5000-12S12P



Cisco Industrial Ethernet 5000 Series (CISCO, 2018)

En la Figura 3.7 se puede observar el punto de acceso CISCO IW3702-2E-A-K9 y en el siguiente enlace se encuentran las características técnicas:

<https://www.cisco.com/c/en/us/support/wireless/industrial-wireless-3702-access-point/model.html>

Figura 3. 7: CISCO IW3702-2E-A-K9



Puntos de acceso CISCO IWR3702 (CISCO, 2017)

3.3.3 Distribución de los equipos

Tomando en cuenta el modelo de arquitectura presentado por el IOTWF, los equipos en cada una de las capas serán distribuidos como se puede observar en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10: Distribución de los equipos

CAPA 1: DISPOSITIVOS FÍSICOS Y CONTROLADORES	Módulo ESP8266
CAPA 2: CONECTIVIDAD	SWITCH CISCO IE-5000-12S12P AP CISCO IW3702-2E-A-K9
CAPA 3: COMPUTACIÓN DE BORDE	ENRUTADOR CISCO IR829GW-LTE-LA-*K9

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

Como se puede observar en la Tabla 3.10, los equipos que se utilizarán en el diseño son correspondientes a las tres primeras capas del modelo arquitectónico de referencia en los cuales desempeñarán una tarea muy importante para la operatividad de la red IOT-Wifi.

3.4 Diseño de la red IOT-Wifi de detección utilizando el modelo arquitectónico de referencia presentado por el IOTWF.

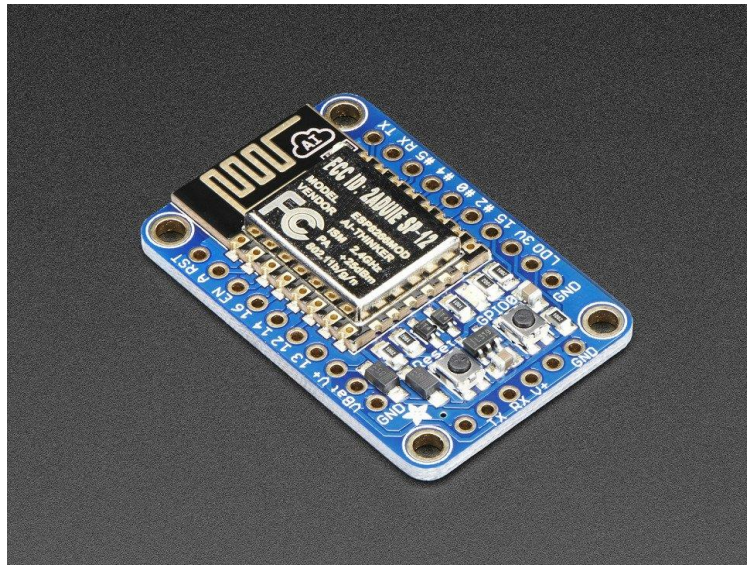
A continuación se presentará el diseño de la red IOT-Wifi basado en el modelo arquitectónico de referencia, en el cual se describirá cada una de las 7 capas del modelo con su respectiva función.

3.4.1 Capa 1: Dispositivos físicos y controladores

En esta capa se ha seleccionado como dispositivo IOT de detección al módulo Adafruit HUZZAH ESP8266 el cual portará cada usuario de la red y será instalado en los distintos bienes que posee la universidad en el Campus Sur, en la Figura 3.8 se puede observar el módulo Adafruit HUZZAH ESP8266 y en el siguiente enlace se encuentran sus características técnicas:

https://nurdspace.nl/images/e/e0/ESP8266_Specifications_English.pdf

Figura 3. 8: Módulo Adafruit HUZZAH ESP8266



Vista general del módulo Adafruit HUZZAH ESP8266 (Adafruit, 2017)

El módulo Adafruit HUZZAH ESP8266 nos permitirá interactuar con servidores albergados en la nube y hacer uso de múltiples servicios web, para la detección de todo el personal y de los bienes que forman parte del Campus Sur de la UPS se programará el módulo para el envío de información del usuario (Nombre, edad, carrera, punto de acceso al que está actualmente conectado, hora de conexión y desconexión o una descripción detallada del bien). Estos datos serán actualizados cada 60s en un servidor de almacenamiento en la nube.

3.4.2 Capa 2: Conectividad

Para garantizar la operatividad de la red IOT-Wifi de detección es necesario la integración de equipos tales como: Switches CISCO IE-5000-12S12P y puntos de acceso CISCO IW3702-2E-A-K9 en la capa de distribución y acceso de la actual infraestructura de red que posee el Campus Sur de la UPS, mejorando la cobertura y facilitando el transporte de los datos generados por usuarios de la red IOT-Wifi hacia capas superiores del modelo. De esta manera se garantizará la conectividad de todos los usuarios y módulos ESP8266 que serán desplegados a través de todo el Campus.

3.4.3 Capa 3: Computación de borde.

Los enrutadores CISCO IR829GW-LTE-LA-*K9 nos permiten agregar una capa extra a la actual infraestructura de red, la capa de computación de borde. Permittiéndonos de esta manera no saturar los niveles superiores de la red con datos innecesarios que pueden ser generados por los módulos ESP8266 y usuarios de la red. Estos enrutadores serán conectados al switch de núcleo con el fin de que todos los datos provenientes de la capa de conectividad puedan ser filtrados y evaluados. Los enrutadores CISCO IR829GW-LTE-LA-*K9; además brindan un nivel de inteligencia a la actual red permitiéndonos analizar los datos para realizar notificaciones y alertas en caso de eventos catastróficos dentro del Campus o de que un bien haya sido desconectado de la red, lo cual significaría un intento de robo. Además se descongestiona el tráfico que soporta el núcleo de la red.

3.4.4 Capa 4: Acumulación de datos

Para el almacenamiento de los datos provenientes de los módulos ESP8266 se utilizará un modelo público de almacenamiento en la nube, se ha escogido Temboo un proveedor de una plataforma completa para aplicaciones IOT a nivel mundial. Temboo nos permite la integración de los 5000 módulos ESP8266 a su plataforma, brinda un modelo flexible con servicios integrados de almacenamiento en la nube. A continuación se indica el enlace a su página web: <https://temboo.com/>

En la Tabla 3.11 se pueden observar los servicios y el plan que se ha seleccionado para el despliegue de la red IOT-Wifi en el Campus Sur de la UPS a través de la plataforma de Temboo.

Tabla 3.11: Proveedor de servicios en la nube

PROVEEDOR	PLAN CONTRATADO	DESCRIPCIÓN DEL PLAN
TEMBOO	PLAN PROFESIONAL	<p>Implemente rápidamente el registro de datos en una cantidad ilimitada de sensores y dispositivos, luego vea gráficos dinámicos de datos de sensores. Agilice las operaciones y obtenga información inmediata.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Generación de código ✓ 100 + integraciones API ✓ Bibliotecas MCU ✓ Visualización de datos del sensor ✓ Conversión de la unidad del sensor ✓ Soporte estándar (Temboo, 2018)

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

Todos los datos que son enviados por cada ESP8266 serán almacenados en servidor en la nube de Temboo. Temboo permite la utilización de una gran variedad de servicios conocidos como Choreos y la generación automática de código para múltiples dispositivos de hardware. Para el almacenamiento de los datos se sugiere utilizar un Choreo conocido como Google BigQuery, el cual es una plataforma basada en la nube que nos permite el almacenamiento y análisis de hasta 1TB al mes. En esta plataforma se almacenarán los datos provenientes de los módulos ESP8266 para su posterior utilización y se podrán acceder a estos datos en cualquier lugar del mundo.

La descripción del choreo Google BigQuery lo podemos encontrar en el siguiente enlace: <https://temboo.com/arduino/others/google-big-query>.

3.4.5 Capa 5: Abstracción de datos

En esta capa Temboo cumple una función muy importante ya que no solo se encarga del almacenamiento de los datos sino además de la semántica y estructura de los mismos. Google BigQuery ofrece una amplia visión de todos los datos mediante la realización de consultas óptimas sobre los datos guardados en el almacén, administrado en columnas del producto y en Cloud Storage, Cloud Bigtable, Hojas de cálculo y Drive. BigQuery se integra con las herramientas de extracción, transformación y carga (ETL) actuales, como Informatica y Talend, para enriquecer los datos (Google, 2018). La semántica y estructura de los datos provenientes de los dispositivos IOT de detección será diferenciada del resto de dispositivos y usuarios de la red IOT-Wifi con el fin de consolidar estos datos en Google BigQuery para su posterior presentación. Adicionalmente se sugiere utilizar un choreo llamado Clicky el cual nos permitirá extraer datos en varios formatos comunes para facilitar el análisis y procesamiento de los mismos. La descripción del choreo Clicky se puede encontrar en el siguiente enlace:

<https://temboo.com/library/Library/Clicky/>

3.4.6 Capa 6: Aplicación

Utilizando la plataforma IOT de Temboo se generarán reportes basados en el análisis de los datos provenientes de los módulos ESP8266. La presentación de estos reportes se realiza a través del análisis de los datos almacenados en Google BigQuery. A estos reportes solo tendrá acceso el administrador de la red IOT-Wifi, para de esta manera monitorear y controlar todos los dispositivos que conforman la red. En esta capa se recomienda utilizar un choreo llamado Twilio a través del cual se enviarán alertas como mensajes de voz, SMS para notificar sobre un evento inusual que informe un determinado módulo ESP8266.

La descripción del choreo Twilio se puede encontrar en el siguiente enlace:

<https://temboo.com/arduino/others/send-sms>

Además se recomienda utilizar un choreo llamado Google Gmailv2 para configurar que los reportes sobre los dispositivos ESP8266 sean enviados directamente al correo electrónico del administrador de la red IoT-Wifi. La descripción del choreo se puede

encontrar en el siguiente enlace:
<https://temboo.com/library/Library/Google/Gmailv2/>

Para obtener gráficas en el tiempo sobre los datos enviados por los módulos ESP8266 a través del tiempo se recomienda utilizar un choreo llamado Microsoft Power BI, la descripción del choreo se puede encontrar en el siguiente enlace:

<https://temboo.com/arduino/others/microsoft-power-bi>

3.4.7 Capa 7: Colaboración y procesos

Las aplicaciones: Twilio, Google Gmailv2 y Microsoft Power BI muestran la información necesaria al administrador de la red IOT-Wifi para la toma oportuna de decisiones y la comunicación con las autoridades pertinentes con el fin de ejecutar los planes de acción adecuados ante diversas situaciones. En caso de derrumbes, incendios o amenazas de bombas explosivas en el Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana estos reportes nos permitirían conocer el número de personas por cada bloque, su descripción y si se encuentran o no en el interior del bloque, lo cual representaría significativos ahorros de tiempo, dinero y esfuerzos porque facilitaría la localización de los usuarios dentro del campus permitiendo salvar vidas. Además ante un intento de robo, los bienes que se encuentran dentro del Campus estarían protegidos, ya que el administrador recibirá las notificaciones de desconexión o movimiento del ESP8266 integrado en cada uno de los bienes para que en coordinación con el personal de seguridad sea posible localizarlo.

3.4.8 Topología física de la red IOT-Wifi

A continuación en la Figura 3.9 se puede observar la topología física de la red IOT-Wifi, lo que nos indica como estarán distribuidos los equipos por cada bloque. Los enrutadores CISCO IR829GW-LTE-LA-*K9 van a estar conectados al switch de núcleo cisco WSC6506-E a través de enlaces de fibra óptica multimodo OM2 (50/125 micrones) con una ventana de operación de 850 nm, un ancho de banda de 500 MHz/km y una atenuación máxima de 3,5 dB/km. Los switches CISCO IE-5000-12S12P serán añadidos a la capa de distribución a través de enlaces de cable UTP Cat6 para los demás dispositivos de distribución y hacia los enrutadores de borde, todo el tráfico que genere la red la red IOT-Wifi pasará por los enrutadores de borde y de ahí será direccionado hacia el switch de núcleo para alcanzar su destino.

Figura 3. 9: Topología física de la red IOT-Wifi



Figura 3. 10: Simulación de la red IOT-Wifi



3.5 Factibilidad de costos

Para el diseño de la red IOT-Wifi de detección se realizará un análisis de costos que nos permitirá conocer la factibilidad del proyecto, además se podrá conocer la rentabilidad y viabilidad del mismo. En la Tabla 3.12 se pueden observar los costos individuales y totales del equipamiento, esto con el fin de generar una idea del precio de inversión.

Tabla 3.12: Costos referenciales de equipamiento

PRODUCTO	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
ENRUTADOR CISCO IR829GW-LTE-LA- *K9	2.995,00	2	5.990,00
CONMUTADOR CISCO IE-5000-16S12P	5.866,70	5	29.333,60
PUNTOS DE ACCESO CISCO IW3702-2E-A-K9	2.013,06	20	40.261,20
DISPOSITIVOS IOT DE DETECCIÓN ESP8266	9,95	5.000	49.750,0
VALOR TOTAL EN EQUIPAMIENTO			125.334,80

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

A continuación en la Tabla 3.13 se mostrará los costos referenciales de la plataforma Temboo cuyos valores fueron obtenidos de cotizaciones de empleados de la empresa.

Tabla 3.13: Costos referenciales de la plataforma IOT de Temboo

PRODUCTO	VALOR MENSUAL	VALOR ANUAL
Temboo (PLAN PROFESIONAL)	149	1.788

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

El plan profesional de Temboo nos permite la integración de múltiples aplicaciones IOT, utilización de distintos choreos que pueden ser añadidos a nuestra aplicación y es una plataforma que puede ser usada para el despliegue de otros diseños de redes IOT en el Campus Sur de la UPS.

De esta manera en la Tabla 3.14 se puede observar el valor total del proyecto para su respectivo análisis ante una toma de decisiones referente a actividades de inversión.

Tabla 3.14: Costo total del proyecto

DESCRIPCIÓN	VALOR
EQUIPAMIENTO	125.334,80
PLATAFORMA IOT DE TEMBOO	1.788
VALOR TOTAL DEL PROYECTO	127.122,80

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

El sobredimensionamiento de la red diseñada se lo realizó pensando en una expansión futura de estudiantes, docentes y personal administrativo a 5 años.

Además teniendo en cuenta la gran cantidad de bienes que posee el Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana que necesitan seguridad.

3.6 Indicadores de evaluación

Se hará uso de algunas herramientas financieras para establecer la factibilidad del proyecto, estas son: VAN (Valor Actual Neto), TIR (Taza Interna de Retorno) y PRC (Período de Recuperación del Capital), que permitirán evaluar la rentabilidad de la red IOT-Wifi de detección. Se realizará el análisis económico del proyecto para determinar el flujo de caja neto, este análisis está basado en el presupuesto para el año 2018 aprobado por el Consejo Superior de la Universidad Politécnica Salesiana. En el siguiente enlace se puede encontrar el presupuesto para el año 2018: <https://www.ups.edu.ec/documents/10184/3966167/Presupuesto+2018/a046d90a-5cbd-4fb6-b182-08e7faab7bbd> A continuación en la Tabla 3.15 se puede observar el análisis económico del proyecto.

Tabla 3.15: Análisis Económico

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
INGRESOS					
Ahorros en el servicio de guardiana, monitoreo y vigilancia.	57.801,80	57.801,80	57.801,80	57.801,80	57.801,80
Ahorros en seguro y guardería para el personal.	25.698,10	25.698,10	25.698,10	25.698,10	25.698,10
Ahorros en seguros de infraestructura, equipos y vehículos.	6.803,30	6.803,30	6.803,30	6.803,30	6.803,30
Ahorro por reposición de los materiales de	16.356,10	16.356,10	16.356,10	16.356,10	16.356,10

laboratorios.					
Ahorro por reposición de materiales de oficina, cómputo y didáctico.	37.518,75	37.518,75	37.518,75	37.518,75	37.518,75
Ahorros por reposición de maquinaria, muebles y enseres.	39.329,15	39.329,15	39.329,15	39.329,15	39.329,15
Total ingresos	183.507,20	183.507,20	183.507,20	183.507,20	183.507,20
EGRESOS					
Inversión en equipos	125.334,80				
Inversión en la plataforma IoT de Temboo	1.788	1.788	1.788	1.788	1.788
Inversión en capital de trabajo	1.000				
Gastos en capacitación		3.000	3.000	3.000	3.000
Gastos en mantenimiento de los módulos ESP8266		4.000	4.000	4.000	4.000
Total egresos	128.122,80	8.788	8.788	8.788	8.788
Flujo de caja	55.384,40	174.719,20	174.719,20	174.719,20	174.719,20
Flujo de caja neto	150.852,24				

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño. Nota: Para el cálculo de los valores de ahorro que se muestran en esta tabla se ha considerado que la red IOT-WiFi de detección permitirá un ahorro del 5% del monto destinado en el presupuesto 2018 de la Universidad Politécnica Salesiana.

3.6.1 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable. (ESAN, 2017)

En la Ec. (3.1) se indica la fórmula para el cálculo del Valor Actual Neto.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_o \quad \text{Ec. (3. 1)}$$

Donde:

- V_t Se refiere a los flujos de caja en cada período.
- I_o Es el valor de desembolso inicial de la inversión.
- n Es el número de períodos considerado.
- k Es el tipo de interés. (Sangoquisa, 2015)

A continuación se realizará el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) para el diseño de la red IoT-Wifi de detección propuesto. Se tomarán las siguientes consideraciones: Desembolso inicial I_o igual a \$127.122,80, en un tiempo de 1 año, el flujo de caja V_t es igual a \$150.852,24 con un interés del 12%.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_o$$

$$VAN = \sum_{t=1}^1 \frac{V_t}{(1+0,12)^t} - 127.122,80$$

$$VAN = \frac{150.852,24}{(1+0,12)^1} - 127.122,80$$

$$VAN = 134.689,50 - 127.122,80$$

$$VAN = \$7.566,70$$

Por lo cual, este resultado indica que nuestro proyecto de diseño de la red IOT-Wifi de detección es rentable.

3.6.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto es la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una determinada inversión sea igual a cero. En términos más específicos, la TIR de la inversión es la tasa de interés a la que el valor actual neto de los costos (los flujos de caja negativos) de la inversión es igual al valor presente neto de los beneficios (flujos positivos de efectivo) de la inversión. (Bujan, 2018)

En la Ec. (3.2) se indica la fórmula para el cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I = 0 \quad \text{Ec. (3. 2)}$$

Donde:

- VAN Es el valor actual neto igual a cero “0”.
- F_t Es el flujo de efectivo en el período t .
- n Es el número de períodos.
- I Es el valor de la inversión inicial. (Sangoiquisa, 2015)

A continuación se realizará el cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) para el diseño de la red IoT-Wifi de detección propuesto. Se tomarán las siguientes consideraciones: Desembolso inicial I es igual a \$127.122,80, y un flujo de efectivo del primer año F_t igual a \$150.852,24.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I = 0$$

$$0 = \sum_{t=1}^1 \frac{150.852,24}{(1+TIR)^1} - 127.122,80$$

$$0 = \frac{150.852,24}{(1+TIR)} - 127.122,80$$

$$0 = \frac{150.852,24 - 127.122,80(1+TIR)}{(1+TIR)}$$

$$0 = 150.852,24 - 127.122,80 - 127.122,80TIR$$

$$127.122,80 TIR = 23.729,44$$

$$TIR = \frac{23.729,44}{127.122,80}$$

$$TIR = 0.18$$

$$TIR = 18.66\%$$

Por lo cual, este resultado indica que nuestro proyecto de diseño de la red IOT-Wifi de detección es rentable y generará ganancias desde el primer año.

3.6.3 Período de Recuperación del Capital

Es el período de tiempo o número de años que necesita una inversión para que el valor actualizado de los flujos netos de caja, igualen al valor invertido. (Aliste, Alfredo, Rafael, & María, 2014)

El Período de Recuperación del Capital indica el tiempo en el cual el capital total invertido en un proyecto será recuperado por completo.

En la Ec. (3.3) se indica la fórmula para el cálculo del Período de Recuperación del Capital.

$$PCR = \frac{INVERSIÓN}{FLUJO DE EFECTIVO} \quad \text{Ec. (3. 2)}$$

A continuación se realizará el cálculo del Período de Recuperación del Capital. Se tomarán las siguientes consideraciones: Inversión igual a \$127.122,80 y un flujo de efectivo de \$12.571,02.

$$PRC = \frac{127.122,80}{12.571,02}$$

$$PRC = 10.11$$

$$PRC = 10 \text{ meses.}$$

Por lo tanto, este resultado indica que la inversión realizada para la propuesta del diseño de la red IOT-Wifi de detección se recuperará en 10 meses.

CAPITULO 4

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

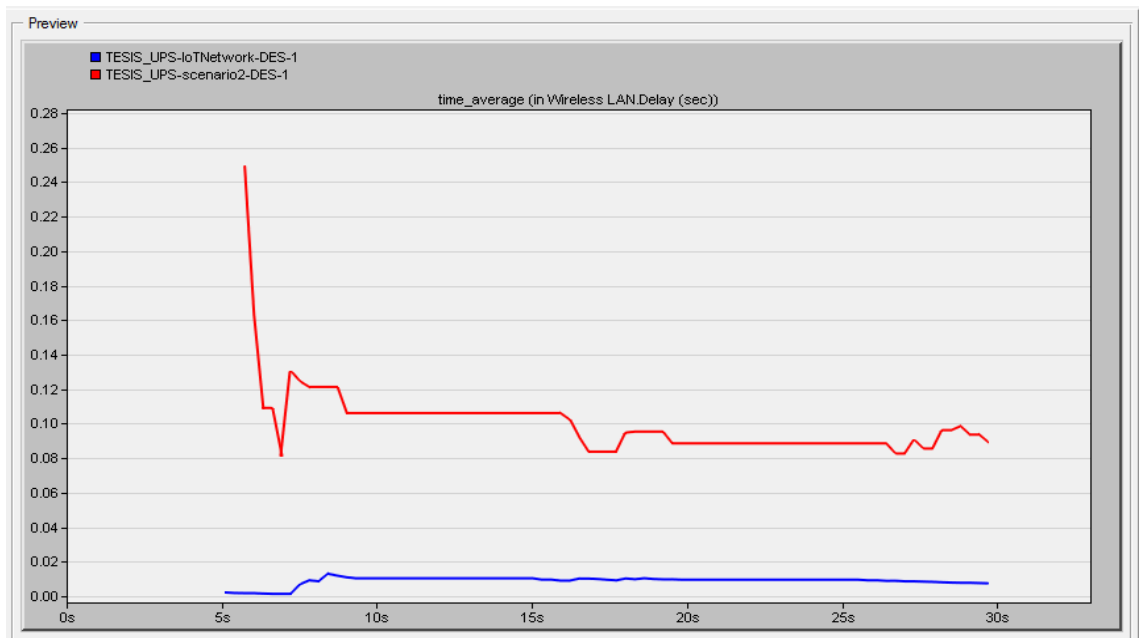
A continuación se presentarán las gráficas resultantes de la medición de los parámetros de tráfico de la red inalámbrica del campus sur de la UPS y se comparará con las gráficas resultantes de la medición de los parámetros de la red IOT-WiFi de detección diseñada.

4.1 Resultados de la medición de los distintos parámetros de tráfico de la actual infraestructura inalámbrica del campus sur de la UPS y la red IOT-Wifi diseñada.

4.1.1 Resultados de la medición del retardo.

En la Figura 4.1 se muestra la gráfica resultante del retardo. La curva roja es la red actual y la curva azul es la red diseñada, se puede observar que el diseño de la red IOT-Wifi nos permitiría reducir considerablemente el retardo. Es así que de un valor de 0.09 s se reduciría a 0.01 s representando una mejora del 88.89%, lo que significa que de extremo a extremo se intercambiarían datos en menor tiempo.

Figura 4. 1 Retardo/Delay

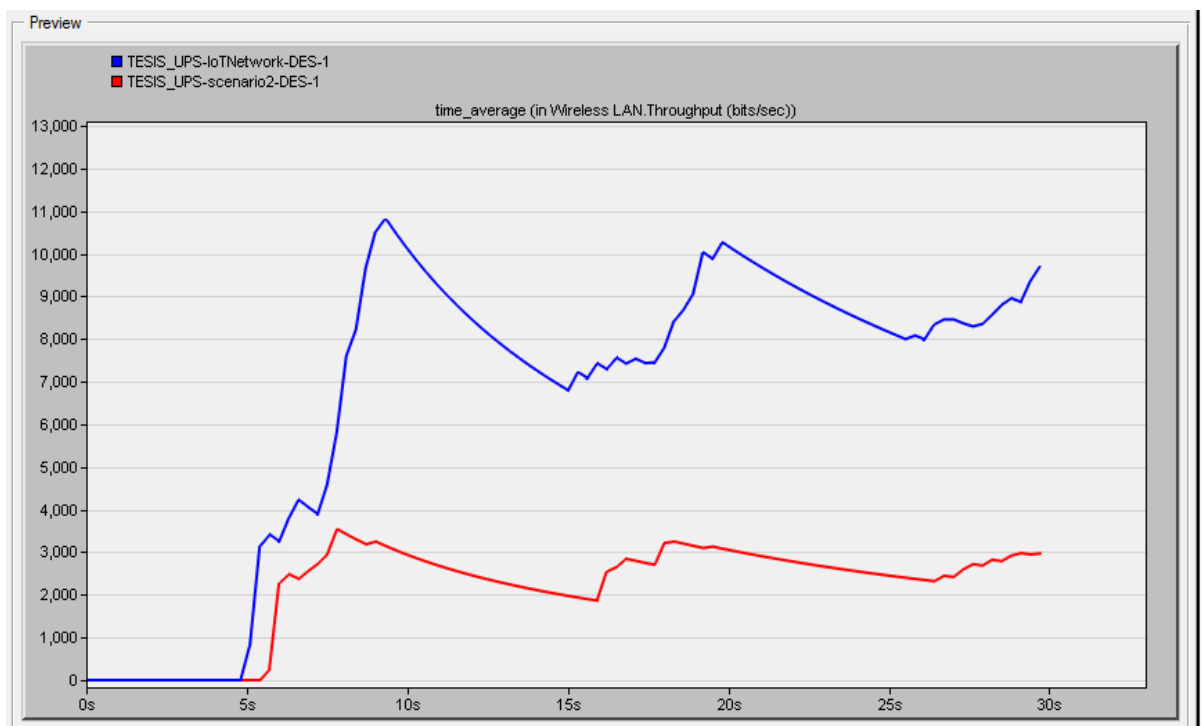


Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

4.1.2 Resultados de la medición del rendimiento

En la Figura 4.2 se muestra la gráfica resultante del rendimiento. La curva roja es la red actual y la curva azul es la red diseñada, se puede observar que con el diseño de la red IOT-Wifi el rendimiento de la red incrementará de 3 kbps a 9.8 kbps lo que representa una mejora del 69.39%. Por lo cual se incrementa la confiabilidad de la red, ya que mayor cantidad de bits por segundo llegan a capas superiores sin mayor problema.

Figura 4. 2 Rendimiento/Throughput

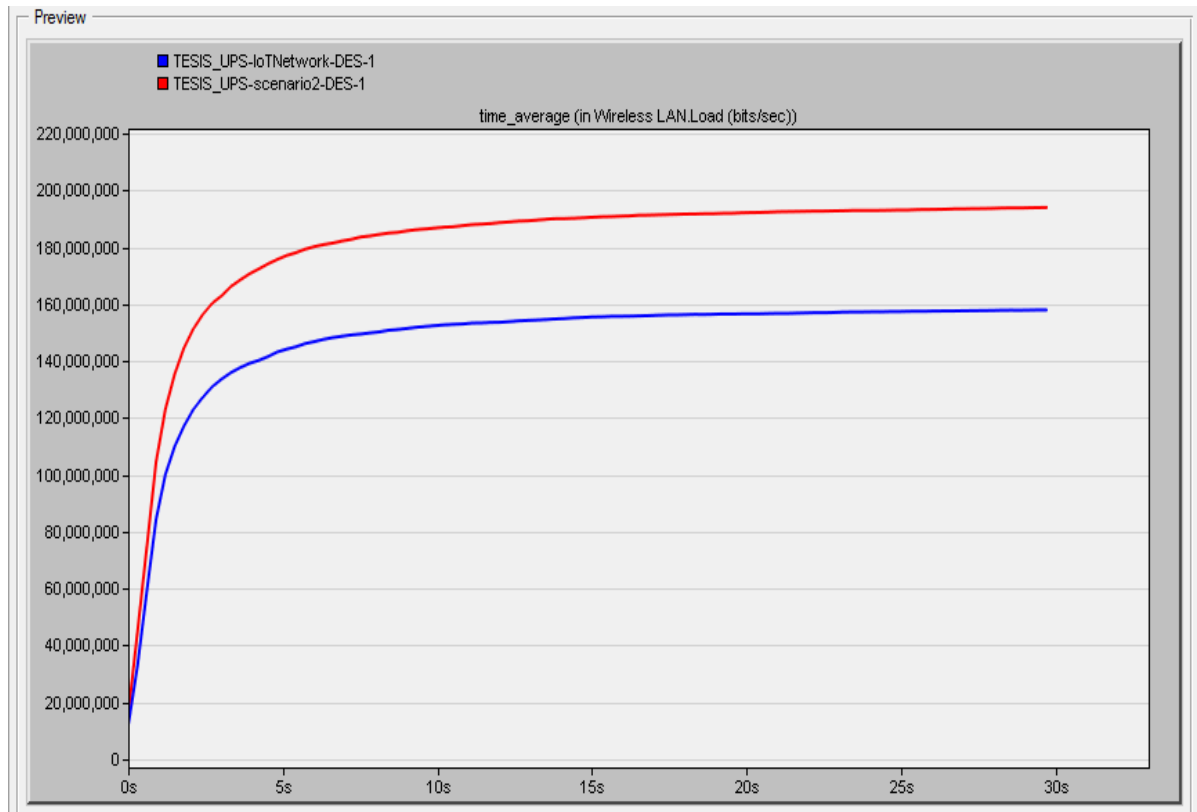


Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

4.1.3 Resultados de la medición de la carga total de la red.

En la Figura 4.3 se muestra la gráfica resultante de la carga. La curva roja es la red actual y la curva azul es la red diseñada, se puede observar que la red actual posee una carga total de 196 Mbps y con el diseño de la red IOT-Wifi se tiene una carga total de 160 Mbps. Por lo cual se reduce la carga de la red en 36 Mbps, lo que representa una disminución del 18.37% de la carga total de la red actual.

Figura 4. 3 Carga/Load

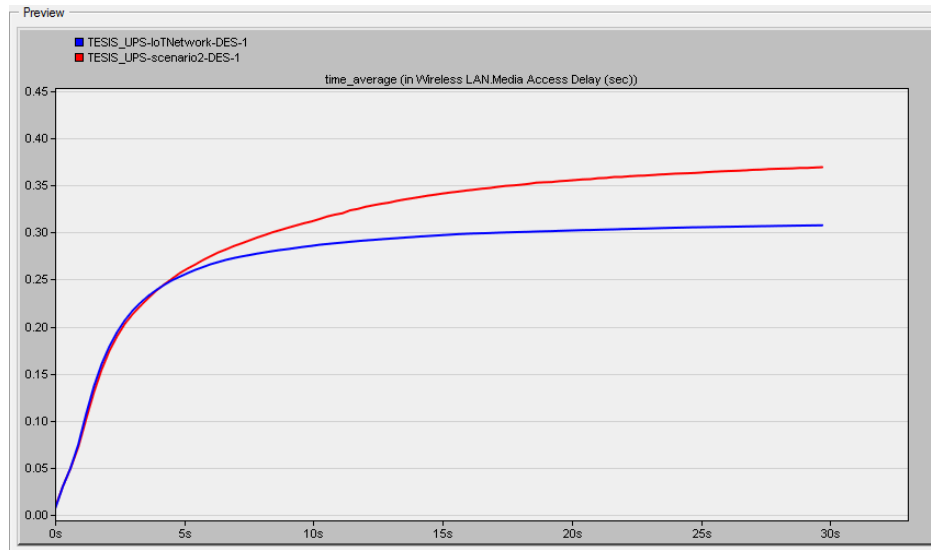


Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

4.1.4 Resultados de la medición del retardo de acceso al medio

En la Figura 4.4 se muestra la gráfica resultante del retardo de acceso al medio. La curva roja es la red actual y la curva azul es la red diseñada, como se puede observar el retardo de acceso al medio para la red IOT-Wifi es de 0.31s. Mientras que para la red actual es de 0.37s. Lo que representa una disminución de 6s y una mejora del 16.22% con el nuevo diseño. Lo que indica claramente que con el nuevo diseño existirá un número menor de retardos en cola, menor contención de los datos y mayor gestión para las tramas de solicitud de ACK de todos los nodos que conforman la red, cada uno de los nodos se conectará a la red en menor tiempo sin congestionar los distintos puntos de acceso.

Figura 4. 4 Retardo de acceso al medio/Media Access Delay

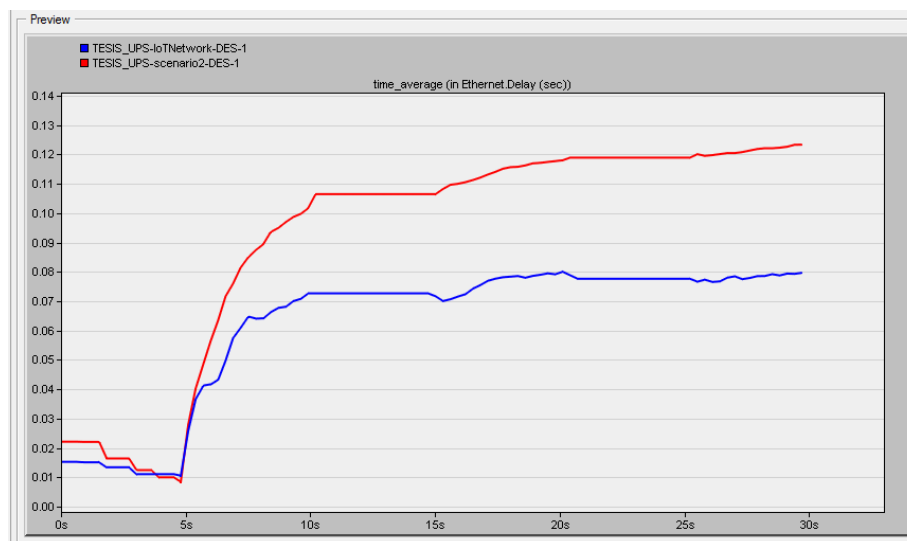


Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

4.1.5 Resultados de la medición del retardo para Ethernet

En la Figura 4.5 se muestra la gráfica resultante del retardo en ethernet. La curva roja es la red actual y la curva azul es la red diseñada, Como se puede observar el valor del retardo en Ethernet es considerablemente menor con el nuevo diseño, es así que de un valor de 0.12s disminuye a 0.08s, lo que representa una disminución del 33.33% y significa que los paquetes llegarán en menor tiempo de extremo a extremo a través de toda la infraestructura de la red.

Figura 4. 5 Retardo / Delay (Ethernet)



Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La red IOT-WiFi de detección aumenta la seguridad de las personas, automóviles y bienes que forman parte del Campus Sur de la UPS, además mejora el control, la supervisión y comunicación entre los distintos usuarios de la red. La implementación de la red IOT-WiFi de detección en el Campus Sur de la UPS es factible gracias al diseño de red IOT en el cual se ha considerado equipos marca Cisco que son fácilmente adaptables a la infraestructura actual.

- Se determinó en base al análisis de resultados que la red IOT-WiFi diseñada tiene un 88.89% menos de retardo y un 69.29% más de rendimiento que la red wifi actual del campus, a pesar del incremento de dispositivos finales de la red y el incremento del tráfico generado.

- Se determinó en base al análisis de resultados que la red IOT-WiFi de detección soportará una carga menor en 18.37% con respecto a la red actual, con una mejora del 16.22% en el retardo de acceso al medio y de un 33.33% en el retardo en la red ethernet, permitiendo que los servicios que ofrece el campus sur a través de la red wifi operen con normalidad y sean de rápido acceso, además que la comunicación de extremo a extremo sea fiable mejorando la experiencia del usuario final de la red.

- Se comprobó a través del análisis económico del proyecto de diseño de una red IOT-WiFi de detección en el campus sur de la UPS que es un proyecto rentable, con un VAN=\$7.566,70, un TIR=18,66% y un PRC=10 meses permitirá ahorros muy significativos en aspectos de seguridad física y seguros de vida y objetos recuperándose la inversión en menos de un año.

5.2 Recomendaciones

- Si se desea incrementar el número de usuarios de la red IOT-WiFi de detección y controlar remotamente los módulos ESP8266 desplegados por todo el Campus se recomienda utilizar la plataforma KOSMOS de Temboo.
- Para instalar un módulo ESP8266 en un bien material perteneciente al Campus Sur de la UPS es necesario que no sea visible fácilmente ya que puede ser desconectado.
- Se puede agregar un módulo ESP8266 a un nuevo diseño del carnet estudiantil para que los estudiantes, docentes, personal administrativo y visitantes lo porten y puedan conectarse a la red IOT-WiFi.

LISTA DE REFERENCIAS

- Adafruit. (15 de Octubre de 2017). *Adafruit*. Recuperado el 09 de 11 de 2018, de Adafruit: <https://www.adafruit.com/product/2471>
- Aliste, V., Alfredo, D., Rafael, F., & María, G. (14 de Octubre de 2014). *SCRIBD*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2018, de SCRIBD: <https://es.scribd.com/doc/7278470/Criterios-de-Evaluacion-de-Proyectos-Payback-y-TRC>
- Bujan, A. (15 de Marzo de 2018). *Enciclopedia Financiera*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2018, de Enciclopedia Financiera: <https://www.encyclopediainanciera.com/finanzas-corporativas/tasa-interna-de-retorno.htm>
- CISCO. (02 de Octubre de 2017). *Cisco Industrial Wireless 3700 Series Access Points Data Sheet*. Recuperado el 24 de 10 de 2018, de Cisco Industrial Wireless 3700 Series Access Points Data Sheet: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/industrial-wireless-3700-series/datasheet-c78-734968.html>
- CISCO. (31 de JULIO de 2018). *Cisco 829 Industrial Integrated Services Routers Data Sheet*. Recuperado el 24 de OCTUBRE de 2018, de Cisco 829 Industrial Integrated Services Routers Data Sheet: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/829-industrial-router/datasheet-c78-734981.html?dtid=osscdc000283>
- CISCO. (15 de Octubre de 2018). *Cisco Industrial Ethernet 5000 Series Switches Data Sheet*. Recuperado el 24 de 10 de 2018, de Cisco Industrial Ethernet 5000 Series Switches Data Sheet: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/industrial-ethernet-5000-series-switches/datasheet-c78-734967.html>
- (2017). En G. S. David Hanes, *IOT Fundamentals* (pág. 34). Cisco press.
- (2017). En G. S. David Hanes, *IOT Fundamentals*. Cisco press.
- ESAN. (24 de Enero de 2017). *ConexiónESAN*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2018, de ConexiónESAN: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/01/fundamentos-financieros-el-valor-actual-neto-van/>
- Google. (15 de Enero de 2018). *Google BigQuery*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2018, de Google BigQuery: <https://cloud.google.com/bigquery/>

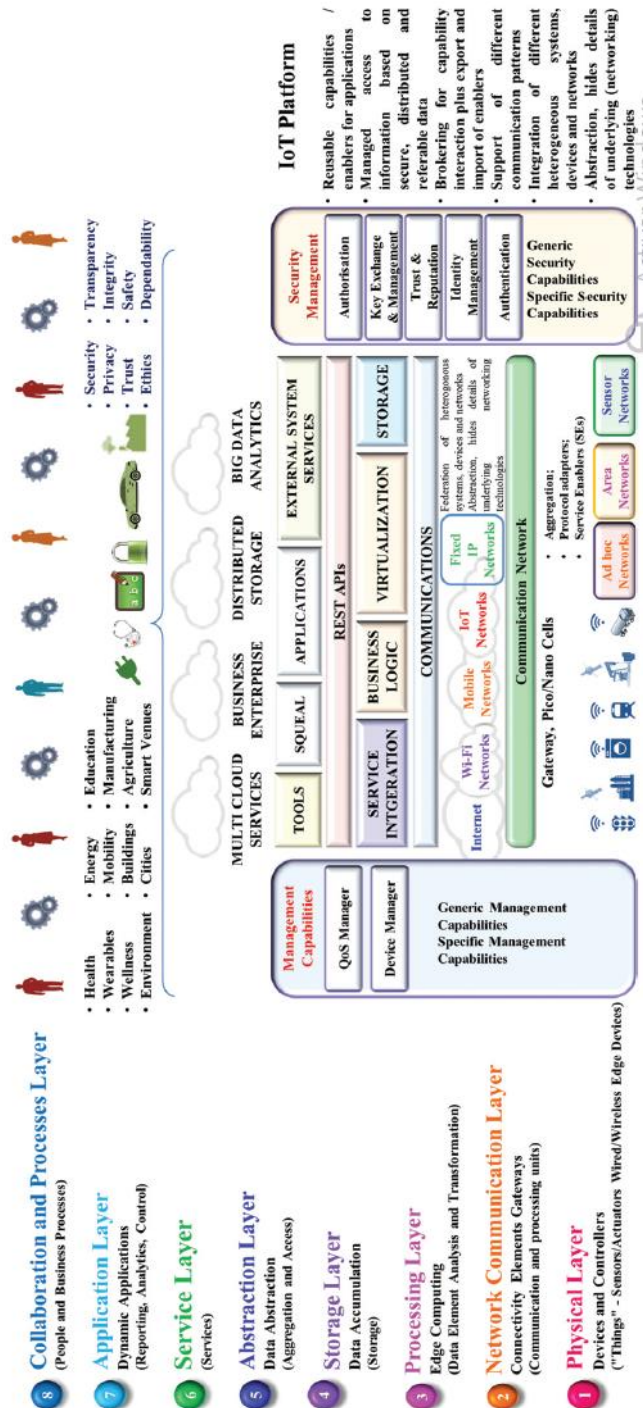
- Gordon, S. (s.f.). *IT Guru*. Recuperado el 14 de 09 de 2018, de Getting Started with IT Guru Academic Edition: <https://sandilands.info/sgordon/teaching/resources/itguru.html>
- Moreno, A., & Tipán, A. (2015). *Diseño de una red de alta disponibilidad para la Universidad Politécnica Salesiana*. Quito.
- Sangoquisa, L. (1 de Marzo de 2015). Análisis de factibilidad para la migración de la tecnología de transporte PDH a SDH del enlace Mall El Jardín-Iñaquito de la CNT EP. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Schwartz, M. (2016). Internet Of Things with ESP8266. En M. Schwartz, *Internet Of Things with ESP8266* (págs. 12-50). Birmingham, UK.: Packt Publishing Ltd.
- Temboo. (10 de Octubre de 2018). *Planes Temboo*. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de Planes Temboo: <https://temboo.com/pricing>
- Vernesan, O., & Friess, P. (2015). *Building the Hyperconnected Society*. Denmark: River Publishers.

ANEXOS

ANEXO 1: Modelo Arquitectónico IOT

En la el capítulo 2 se indica el modelo arquitectónico de referencia presentado por el IOTWF, a continuación en la Figura A.1 se tiene una vista más amplia del modelo, podemos observar características principales de cada una de las capas y las diferentes tecnologías que pueden ser integradas en una red IOT.

Figura A. 1: Modelo arquitectónico de una red IOT



Vista general del modelo arquitectónico IOT. (Vernesan & Friess, 2015, pág. 24)

ANEXO 2: Dispositivos de Distribución y Acceso

En el capítulo 3 se presenta la infraestructura de la red wifi del Campus Sur de la UPS, a continuación en la Tabla A.1 se puede observar la descripción y distribución de los dispositivos que conforman actualmente la red.

Tabla A.1: Equipos de distribución y acceso

BLOQUE A “CECASIS QUINTO PISO”	CISCO WS-C2960 CISCO CATALYST 2960-X CISCO CATALYST 2960-X CISCO CATALYST 2960-X CISCO CATALYST 2960-X
BLOQUE A “CECASIS CUARTO PISO”	WS-C2960 CISCO CATALYST 3750 POE CISCO CATALYST 2960 POE CISCO CATALYST 2960-X 3COM3250
BLOQUE A “PLANTA BAJA”	CISCO CATALYST 3750G POE CISCO WS-C3750V2-24PS
BLOQUE A “BIBLIOTECA”	CISCO CATALYST 3750G V2 POE
BLOQUE B “PRIMER PISO”	CISCO CATALYST 3750G V2 POE CISCOWS-C2960
BLOQUE B “PLANTA BAJA”	CISCO CATALYST 3750G POE
BLOQUE C “PRIMER PISO”	CATALYST 3750 POE
BLOQUE D “PLANTA BAJA”	CISCOWS-C2960
BLOQUE E “PRIMER PISO”	CISCO CATALYST 2960-X
BLOQUE F “PRIMER PISO”	CATALYST 3750 POE

BLOQUE G “PLANTA BAJA”	CISCO CATALYST 3750 POE CISCO CATALYST 2960 POE WS-C2960 WS-C2960 3COM3250
BLOQUE H “PLANTA BAJA”	CATALYST 3750

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño

En la Tabla A.2 se puede observar la distribución y el número de puntos de acceso que posee actualmente el Campus.

Tabla A.2: Puntos de acceso

BLOQUE A “CECASIS QUINTO PISO”	4 AP’s marca CISCO serie 1310	AP_P3 AP_P3_EXT AP_P3_INT AP_P3_CENTER
BLOQUE A “CECASIS CUARTO PISO”	3 AP’s marca CISCO series 1310-1311	AP_EXTERNO_IZQUIERDO AP_EXTERNO_CENTRO AP_EXTERNO_DERECHA
BLOQUE A “PLANTA BAJA”	4 AP’s marca CISCO series 1310-1252	AP_ADMINISTRACIÓN AP_EXTERNO_IZQUIERDO_PB AP_EXTERNO_CENTRO_PB AP_EXTERNO_DERECHA_PB
BLOQUE A “BIBLIOTECA”	6 AP’s marca CISCO series 1310-1311	AP_BLOQUE_I AP_IZQUIERDO_P2 AP_DERECHA_P2 AP_P2_EXT AP_P2_EXT_2 AP_BLOQUE_I_2
BLOQUE B “PRIMER PISO”	5 AP’s, 4 AP’s marca CISCO serie 1310 y 1	COWORKING_P1 DIR_ELECTRÓNICA DIR_AMBIENTAL

	AP ARUBA	DIR_CIVIL AP_SALA_PROFESORES
BLOQUE B “PLANTA BAJA”	1 AP ARUBA	COWORKING_PB
BLOQUE C “PRIMER PISO”	5 AP’s marca CISCO series 1310-1311	SALA_PROFESORES LAB_TELECOMUNICACIONES LAB_FÍSICA FUND_TELECOMUNICACIONES MPLS
BLOQUE D “PLANTA BAJA”	5 AP’s marca CISCO serie 1310	AP_PB_CISCO AP_P1_CISCO AP_LABORATORIOS_CISCO AP_CISCO_EXT AP_CISCO_INT
BLOQUE E “PRIMER PISO”	5 AP’s, 3 AP’s marca CISCO serie 1310 y 2 AP ARUBA.	AP_SUELOS_PB AP_SUELOS_PB2 AP_SUELOS_PB3 AP_SUELOS_EXT AP_SUELOS_INT
BLOQUE F “PRIMER PISO”	4 AP’s marca CISCO series 1310-1252	AP_AMBIENTAL_PB AP_AMBIENTAL_P1 AP_AMBIENTAL_2 AP_AMBIENTAL_3
BLOQUE G	18 AP’s marca CISCO series 1310-1311	AP_SB_IZQUIERDA AP_SB_IZQUIERDA_2 AP_PB_CENTRO AP_SB_CENTRO AP_PB_IZQUIERDA AP_SB_DERECHA AP_PB_DERECHA AP_P1_IZQUIERDA AP_P1_DERECHA

		AP_P2_CENTRO AP_P2_CENTRO_2 AP_P1_CENTRO AP_P2_DERECHA AP_P2_IZQUIERDA AP_P3_IZQUIERDA AP_P3_EXTERNO AP_P3_CENTRO AP_P3_DERECHA
BLOQUE H	10 AP's ARUBA	AP_EXTERNO_IZQUIERDA_BH AP_EXTERNO_CENTRO_BH AP_EXTERNO_DERECHA_BH AP_INTERNO_IZQUIERDA_BH AP_INTERNO_CENTRO_BH AP_INTERNO_DERECHA_BH AP_INTERNO_IZQUIERDA_BH2 AP_INTERNO_CENTRO_BH2 AP_INTERNO_DERECHA_BH2 AP_EXTERNO_DERECHA_BH2

Elaborado por: Eduardo Andrés Hidalgo Proaño. Nota: La nomenclatura de los distintos AP's es de referencia propiamente personal.